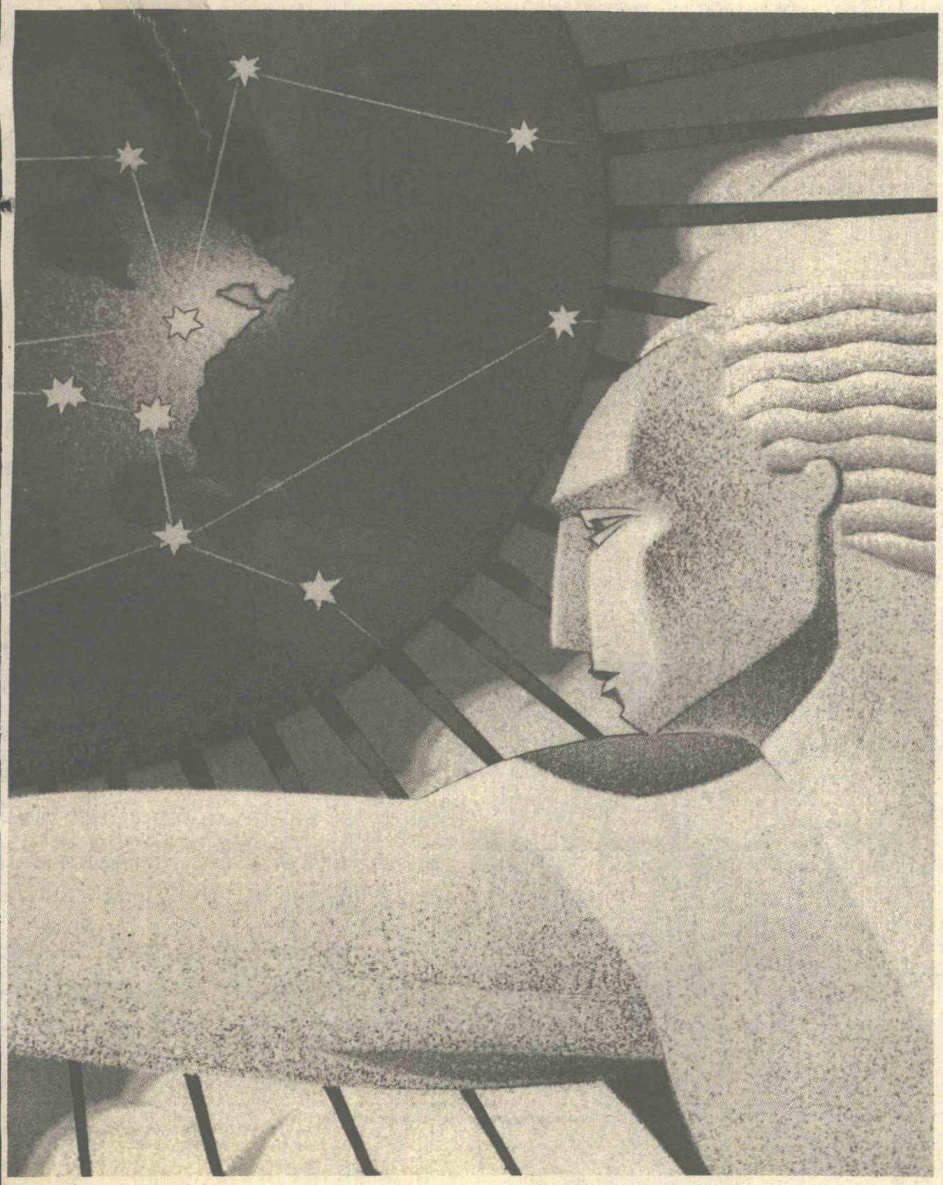
COMPUTER STANDARDS

สหัส พรหมสิทธิ์

LAN กับ WAN
มาตรฐานที่เป็นจริง

คุณลักษณะของข้อกำหนด OSI โมเดลที่นำมากำหนดเป็นมาตรฐานของระบบ LAN และ WAN ในปัจจุบัน



ถ้าจะมองย้อนกลับไปในอดีตสักนิด (ในราวปี ค.ศ. 1985) ก็จะเห็นว่าแต่เดิมนั้น ได้มีการพัฒนาระบบแลน (LAN) ขึ้นมาเพื่อที่จะทำให้พีซีต่าง ๆ สามารถร่วมกันใช้ทรัพยากรที่มีราคาแพง (เช่น พรินเตอร์, ฮาร์ดดิสก์) ในรูปที่จะก่อให้เกิดการประหยัดอย่างมาก ๆ ได้ ซึ่งในเวลาต่อมาการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานได้พัฒนาไปจนถึงจุดที่ว่าการติดตั้งคอมพิวเตอร์ (เช่น พีซี) ในปัจจุบันได้กระทำไปเพื่อสนับสนุนการใช้ระบบแลน อันจะหมายถึงในแวดวงที่ได้มีการใช้เน็ตเวอร์กเช่นนี้มาตั้งแต่แรก และได้มีการก้าวเข้าไปผูกพันกับการใช้ระบบแลนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้มีการมองเน็ตเวอร์กเช่นแลนว่าได้ค่อย ๆ แปรสภาพไปจนเหมือนกับกลุ่มของคอมพิวเตอร์ที่กำลังจะมีบทบาทอย่างมากในด้านการประมวลผลข้อมูลโดยทั่วไป (data processing) รวมทั้งงานในด้านสำนักงานอัตโนมัติกับธุรกิจที่เป็นอุตสาหกรรมต่าง ๆ จนถึงการแก้ปัญหาในเรื่องที่เกี่ยวแก่การบังคับควบคุม จนทำให้ต้องมี "มาตรฐาน" ต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งในรูปของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จากผู้ผลิตเป็นจำนวนมากสามารถเข้ากันได้ อันจำเป็นที่จะต้องมองคำว่า "มาตรฐาน" ให้กว้างที่สุดด้วยการเริ่มต้นจากสิ่งที่เรียกว่า อินเตอร์โอเปออะบิลลิตี้ (interoperability) เป็นลำดับแรกโดยจะขอย่อคำนี้ให้สั้นเข้าเป็นอินทีรอป (interop) เพื่อให้เกิดความกะทัดรัด

บทความพิเศษ

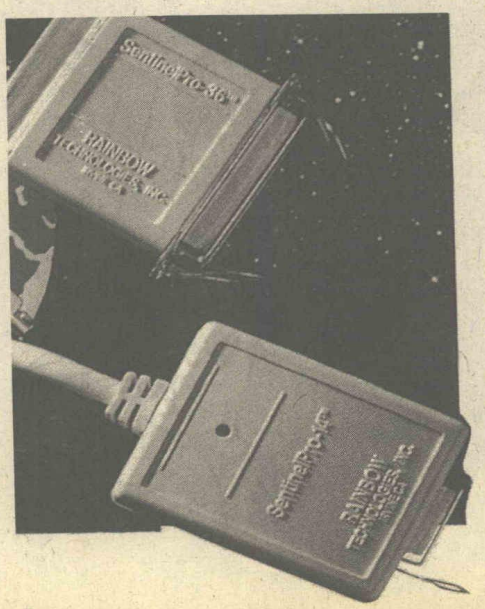
COMPUTER STANDARDS

LAN กับ WAN มาตรฐานที่เป็นจริง

ความหมายของคำว่า "interoperability"

สิ่งที่ดูเหมือนว่าจะเป็นศูนย์กลางของปัญหาในเรื่องของเน็ตเวอร์กเช่นแลนก็คือ อะไรสามารถที่จะทำงานร่วมกับอะไร หรือเข้ากันได้กับอะไรบ้าง (what works with what) อันเป็นที่มาของแนวความคิดที่เรียกว่า อินเตอร์โอเปอะบิลลิตี้ (interoperability) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า อินทีรอป (interop) คำว่าอินทีรอปนี้จะเหมือนแนวความคิดอื่น ๆ ที่ยิ่งใหญ่มาก ๆ ในแง่ที่ว่าสามารถใช้กับเรื่องใดก็ได้ อันจะนับตั้งแต่เรื่องของเน็ตเวอร์ก เช่น แลน จนถึงเรื่องของการทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถพูดกันได้รู้เรื่อง ที่สำคัญก็คือว่า ความหมายอันกว้างของอินทีรอปยังได้แผ่คลุมไปถึงเรื่องอื่น ๆ ชนิดมากบ้างน้อยบ้าง เช่นในเรื่องของโมเด็ม ซีเรียลพอร์ต พรินเตอร์พอร์ต อีเมล์ลิงค์ แอพพลิเคชันซอฟต์แวร์ อุปกรณ์เครื่องเล่นดนตรี โทรศัพท์ ตลอดจนเครื่องโทรสาร

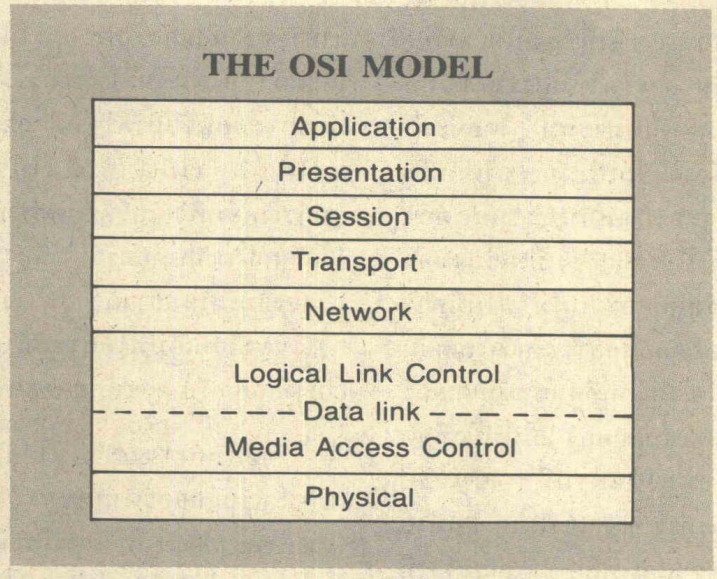
คุณสมบัติประการสำคัญของคำว่าอินทีรอป จะเป็นในทำนองที่ว่าในการใช้งานหรือในสภาพแวดล้อมที่เป็นอินเตอร์โอเปอเรตอย่างแท้จริงนั้น ก็จะไม่มีใครนึกถึงหรือพูดถึงคำว่าอินทีรอปเลย เพราะความสะดวกสบายและการไม่มีอุปสรรคได้เข้ามาทำให้ทุกคนลืมคำคำนี้อย่างสิ้นเชิง เช่น ในเรื่องของอุปกรณ์เครื่องรับโทรศัพท์นี่พอซื้อมาแล้วก็เสียบปลั๊กแล้วใช้ได้เลย ตราบใดที่มีเลขหมายอยู่แล้ว รวมทั้งได้มีการเดินสายโทรศัพท์มาถึงจุดที่ต้องการใช้ โลกของกิจการโทรศัพท์จึงเกือบจะเรียกได้ว่ามีความเป็นอินทีรอปที่สูงที่สุดในท่ามกลางอุตสาหกรรมอีกหลายอย่างที่แทบไม่มีปัญหาในด้านนี้ ในทางตรงข้าม ถ้าใครสักคนคิดที่จะโยงแลนสองอันเข้าด้วยกันโดยที่แลนอันหนึ่งใช้โอเอสทูแลนเซอร์ฟเวอร์ของไอบีเอ็ม ส่วนแลนอีกอันใช้โนเวลล์-เน็ตแวร์ โดยอาจมีเวอร์กสเตชันเช่นของแมคอินทอชพ่วงอยู่ด้วย เพื่อให้ผู้ใช้ทุกคนมีโอกาสใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ตลอดจนไฟล์ที่มีอยู่ในไฟล์เซอร์ฟเวอร์ทุกตัวอย่างเท่าเทียมกันนั้น ก็คงจะต้องรอให้อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์พัฒนาต่อไปอีกนานพอสมควร ก่อนที่จะเกิดความเป็นอินทีรอปอย่างแท้จริงระหว่างแลนทั้งสอง เว้นแต่ว่าจะหลีกเลี่ยงปัญหานี้ด้วยการซื้อคอมพิวเตอร์ตลอดจนผลิตภัณฑ์ในด้านเน็ตเวอร์ก จากเพียงบริษัทหรือผู้ขายรายเดียวที่สามารถให้การรับรองว่า ทุกอย่างจะเข้ากันได้หมดอย่างไม่มีปัญหา ดังเช่นกรณีของไอบีเอ็มหรือยักษ์ใหญ่รายอื่น ๆ ที่อาจใหญ่จนกระทั่งสิ่งที่เป็นข้อกำหนด (specifications) และข้อแนะนำ (guide lines) นั้นสามารถที่จะกลายเป็นมาตรฐานของอุตสาหกรรมในเวลาต่อมา เมื่อเป็นเช่นนี้คำว่าอินทีรอปจึงมีความเกี่ยวโยงกับเรื่องของมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ โดยอาจจะเป็นมาตรฐานที่มาจากการตกลงกันอย่างเป็นทางการขององค์กรสากล (เช่น IEEE, ANSI ฯลฯ) หรือเป็นมาตรฐานกึ่งบังคับอันเนื่องจากเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในอุตสาหกรรม (เช่น IBM ฯลฯ)



มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอินทีรอป

มาตรฐานที่น่าจะสำคัญที่สุดที่เกี่ยวโยงกับเรื่องของอินทีรอปก็คือ ข้อกำหนดที่เรียกว่า Open Systems Interconnection Reference Model (OSI) ซึ่งเป็นการกำหนดลักษณะรูปแบบของโครงร่างเพื่อให้ผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์ในด้านเน็ตเวอร์ก ใช้สำหรับผลิตฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่เมื่อนำมาใช้ร่วมกันในงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ก็จะสามารถเข้ากันได้อย่างราบรื่น อนึ่ง ประโยชน์ของ OSI โมเดล ที่เริ่มเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางนี้จะสำคัญมาก ๆ ในแง่ของการสามารถใช้สำหรับตรวจสอบสถานภาพในขณะใดขณะหนึ่งได้ว่า สิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในท้องตลาดนั้นมีความเป็นอินทีรอปมากน้อยแค่ไหน เพราะยังมีผลิตภัณฑ์อีกมากที่ยังไม่สอดคล้องกับ OSI และแม้ว่า OSI โมเดลกับความเป็นจริงจะยังไม่ตรงกันร้อยเปอร์เซ็นต์ก็ตาม แต่โมเดลอันนี้ก็ยังคงมีประโยชน์อย่างมากในฐานะที่เป็นเสาหลักที่ใช้ในการอ้างอิงได้ดีที่สุดอย่างหนึ่ง

สาระสำคัญภายใน OSI โมเดลจะประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ของโปรโตคอลเป็นจำนวนหลาย ๆ ชั้นด้วยกัน โดยที่แต่ละชั้นดังกล่าวจะถูกกำหนดให้แยกออกจากกันเป็นเอกเทศ ด้วยข้อกำหนดในรูปของอินเตอร์เฟสจากล่างสุดไปสู



รูปที่ 1 ในแต่ละชั้นของ OSI โมเดล ซึ่งจะมีอินเตอร์เฟสที่ได้มีการกำหนดไว้อย่างรัดกุม เพื่อให้สามารถติดต่อกับชั้นที่อยู่ติดกันได้ อันจะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นของผู้ผลิตหลาย ๆ รายสามารถเชื่อมต่อเข้ากันได้โดยสนิท

บนสุดของโมเดล (ดังรูปที่ 1) ก็จะแยกเป็นแต่ละชั้นที่มีข้อกำหนดดังนี้

ฟิสิคัล (physical)

ในระดับต่ำสุดของ OSI โมเดลที่เป็นฟิสิคัลนี้ จะเป็นการกำหนดคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและไฟฟ้าของสิ่งเชื่อมโยงต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดมีเน็ตเวอร์กขึ้นมา ข้อกำหนดในชั้นนี้จะครอบคลุมถึงสายเคเบิ้ลที่เป็นแบบ twisted-pair ไฟเบอร์ออปติก โคแอกเชียล คอนเน็กเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า รีพีตเตอร์ (repeaters) ข้อกำหนดในชั้นนี้จึงหนักไปในแง่ของฮาร์ดแวร์

ดาต้าลิงค์ (data link)

ข้อกำหนดในชั้นนี้จะเกี่ยวแก่การวิ่งไหลของสัญญาณไฟฟ้าเข้าและออกจากเน็ตเวอร์กเคเบิ้ล โดยจะมุ่งความสนใจเข้าไปในส่วนของบิตแพตเทิร์นขบวนการเข้ารหัส ตลอดจนสิ่งที่เรียกว่าโทเก้น (tokens) หน้าที่ของดาต้าลิงค์เลเยอร์ก็คือ การตรวจหาสิ่งผิดพลาด รวมทั้งการแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวด้วยการแจ้งความต้องการให้มีการส่งข้อความหรือชุดของข้อความ (packets) ที่เกิดการผิดพลาดใหม่อีกครั้ง เนื่องจากภาระหน้าที่ของดาต้าลิงค์เลเยอร์นี้ค่อนข้างมาก จึงได้มีการแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนย่อย ๆ สองส่วน คือ ส่วน Media Access Control (MAC) กับส่วน Logical Link Control (LLC) หน้าที่ของ MAC เลเยอร์ก็คือ การดูแลจัดการในด้านการแอ็กเซสเน็ตเวอร์ก (เช่น โทเก้นพาสซิง หรือ collision-sensing อันจะเกี่ยวกับการตรวจวัด และการชนกันของสัญญาณ) และควบคุมเน็ตเวอร์ก ส่วน LLC เลเยอร์ที่อยู่เหนือขึ้นไปนั้นจะทำหน้าที่ ส่งและรับข้อมูลที่เป็นข้อความหรือชุดของข้อความต่าง ๆ

เน็ตเวอร์ก (network)

หน้าที่ของชั้นนี้ก็คือ สับหลีกและกำหนดเส้นทางที่จะส่งข้อความให้ไปถึงจุดหมายปลายทาง ความรับผิดชอบของเลเยอร์นี้จึงหนักไปในเรื่องของการอ้างแอดเดรส (addressing) และการส่งข้อความ

ทรานสปอร์ต (transport)

สำหรับในกรณีที่มีมากกว่าหนึ่งชุดข้อความที่กำลังอยู่ในกระบวนการ (หรือในโปรเซส) ในการรับ/ส่งข้อมูล หน้าที่ของชั้นนี้ก็จะคอยควบคุมการเรียงลำดับของส่วนต่าง ๆ ของข้อความ รวมทั้งการควบคุมการหลั่งไหลของกราฟิกที่เป็นขาเข้า เช่น ถ้าเห็นว่าชุดของข้อความที่วิ่งเข้ามานั้นเกิดมีการซ้ำกันก็จะตัดส่วนที่ซ้ำกันทิ้งไป

เซสชัน (session)

ตัวอย่างอันเป็นหน้าที่ของชั้นนี้อาทิเช่น การทำให้แอพพลิเคชันต่าง ๆ ที่กำลังวิ่งอยู่ในเวอร์กสเตชันสองตัวสามารถที่จะประสานงานกันได้ในแง่ของการสื่อสาร โดยจะทำให้เหลือเพียงเซสชันเดียว เซสชันในกรณีนี้จึงเป็นการแลกเปลี่ยนข้อความหรือการพูดคุยกันระหว่างสองเวอร์กสเตชัน หน้าที่อย่างกว้าง ๆ ของชั้นนี้จึงเป็นการช่วยให้เกิดมีเซสชันขึ้นมา พร้อมทั้งการแจ้งให้เวอร์กสเตชันตัวหนึ่งรู้ในกรณีที่เวอร์กสเตชันอีกตัวหนึ่งต้องการที่จะถอนตัวออกไปจากเซสชัน เพื่อจะได้สามารถยุติเซสชันได้ตามที่ต้องการ หน้าที่หลักของเซสชันเลเยอร์จึงเป็นการก่อให้เกิดเส้นทางในการสื่อสาร (lines of communications) ระหว่างคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ โดยจะเริ่มด้วยการติดต่อให้คอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องรับรู้ในชั้นแรก ก่อนที่การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์จะมีขึ้นจริง ๆ

พรีเซนเตชัน (presentation)

ตัวอย่างของการทำหน้าที่ของชั้นนี้

สามารถยกให้เห็นได้ง่าย ๆ เช่น เมื่อคอมพิวเตอร์ที่มาจากที่ต่าง ๆ (เช่นของ IBM, DEC, Apple, Next, Burrough ฯลฯ) ต้องการจะสื่อสารกันอันจะทำให้ต้องมีการแปลความ รวมทั้งการจัดลำดับต่าง ๆ (เช่น byte recordering) ขึ้น หน้าที่ของเลเยอร์นี้จึงเป็นการแปลงข้อมูลให้ไปอยู่ในรูปหรือในฟอร์แมตที่คอมพิวเตอร์แต่ละยี่ห้อจะเข้าใจได้ โดยที่คำว่า "ฟอร์แมต" นี้จะมีความหมายที่สมบูรณ์แบบว่า machine's native internal numeric format หน้าที่อันเป็นเฉพาะของเลเยอร์นี้ จึงเป็นการทำให้ข้อมูลหรือข้อความที่จะส่งออกไปอยู่ในรูปที่อัดแน่น (compresses transmissions) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการขนส่ง พร้อมด้วยการเข้ารหัสข้อความที่จะส่ง (encrypts them) เพื่อประโยชน์ในด้านการรักษาความปลอดภัยข้อมูล โดยจะมอบภาระความรับผิดชอบในเรื่องของรายละเอียดในด้านส่งถ่ายข้อมูลไปให้เลเยอร์ที่อยู่ต่ำกว่า

แอพพลิเคชัน (application)

หน้าที่ของเลเยอร์นี้ก็คือ การอินเตอร์เฟสกับผู้ใช้ รวมทั้งการทำหน้าที่อื่น เช่นนำข้อมูลออกมาจากฐานข้อมูลแล้วจัดการให้มีการส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังอีกจุดหนึ่ง ด้วยการส่งไปทั้งไฟล์ โดยไม่ต้องพะวงถึงรายละเอียดว่า การทำหน้าที่ต่าง ๆ เท่าที่กล่าวมาทั้งหมดนี้มีอะไรบ้าง เพราะถือว่าเป็นหน้าที่ของเลเยอร์ที่อยู่ต่ำถัดไป (พรีเซนเตชันเลเยอร์)

จึงขอสรุปว่า ข้อกำหนดอันเป็นหน้าที่ของฟิสิคัลเลเยอร์ จะเรื่องที่เกี่ยวกับสายไฟและสายเคเบิ้ล ฯลฯ ส่วนดาต้าลิงค์ นั้นก็จะเกี่ยวกับการควบคุมการไหลของข้อมูลเข้าและออกจากแต่ละเน็ตเวอร์กโหนด หน้าที่ของเน็ตเวอร์กเลเยอร์ ก็คือ การจัดให้มีการส่งข้อมูลไปตามเส้นทางที่เหมาะสม โดยจะทำหน้าที่เป็นผู้วางแผนเท่านั้น ถัดไปก็เป็นหน้าที่ในการตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งเป็นเรื่องของทรานสปอร์ตเลเยอร์ ผู้ที่จัดให้มีการเชื่อมโยงเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างสเตชันต่าง ๆ ในเน็ตเวอร์กก็คือ เซสชันเลเยอร์ ส่วนพรีเซนเตชันเลเยอร์ ก็มีหน้าที่จัดฟอร์แมตข้อมูลให้อยู่รูปที่สเตชันหรือคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ จะเข้าใจได้ สุดท้ายก็เป็นเรื่องของแอพพลิเคชันเลเยอร์ ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระบบดำเนินงานของเน็ตเวอร์กต่าง ๆ รวมทั้งแอพพลิเคชันโปรแกรมต่าง ๆ

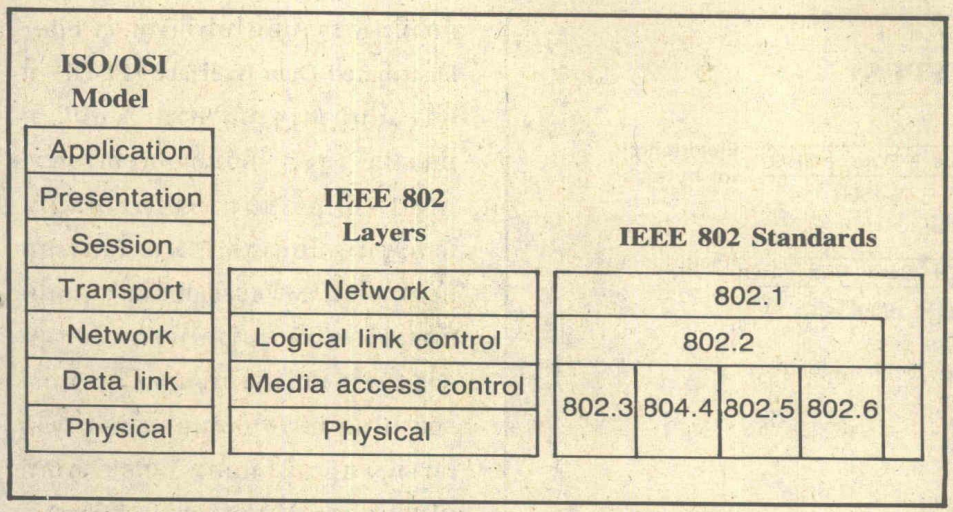
อินทีรอปในปัจจุบัน

เรื่องของมาตรฐานในอันที่จะทำให้สิ่งต่าง ๆ อยู่ร่วมกันได้ สำหรับในกรณีของเน็ตเวอร์กนั้นได้บัญญัติเอาไว้ว่า ในชั้นต่ำสุดในแง่ของ OSI โมเดล (ฟิสิคัลเลเยอร์) จะเป็นชั้นที่ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สามารถเข้ากันได้อย่างไม่มีปัญหา เพราะทุกอย่างได้เข้ารูปเข้ารอยเป็นอย่างดี แต่พอก้าวสูงขึ้นไปจากชั้นนี้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ) ไปสู่ชั้นอื่นที่อยู่เหนือจากฟิสิคัลเลเยอร์ ก็จะค่อย ๆ มีปัญหาในด้านการทำงานเข้ากันได้ไม่สนิทนักของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามในชั้นแรกนี้จะขอกล่าวถึงส่วนที่อยู่ในระดับต่ำของ OSI โมเดล โดยจะเริ่มที่ IEEE 802 LAN Standards เป็นอันดับแรก

มาตรฐานแลน IEEE 802

คณะกรรมการ IEEE 802 ได้รับการแต่งตั้งเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ปี ค.ศ. 1980 เพื่อทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานสำหรับแลนอินเตอร์เฟส และโปรโตคอล โดยหวังว่าผู้สร้างผลิตภัณฑ์ในด้านเน็ตเวอร์กจะยอมรับมาตรฐาน 802 อันจะมีผลให้เกิดความเข้ากันได้ในระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งก็ได้เกิดผลในเวลาต่อมาว่าได้มีการยอมรับมาตรฐานนี้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ในกรณีของไอบีเอ็มที่ให้การสนับสนุนในเรื่องที่เกี่ยวกับ 802 อินเตอร์เฟสต่าง ๆ

ข้อกำหนด 802.X นี้ได้ครอบคลุมเฉพาะสามเลเยอร์ต่ำสุดของ ISO/OSI Reference Model คือชั้นที่เป็นเน็ตเวอร์กดาต้าลิงค์ และฟิสิคัล โดยจะมีข้อกำหนด 802.1 เป็นเครื่องแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐาน 802.X ต่าง ๆ รวมทั้งความสัมพันธ์กับ ISO/OSI โมเดล ดังในรูปที่ 2 ส่วนข้อกำหนด 802 อื่น ๆ ที่เหลือนั้นจะเป็นของดาต้าลิงค์กับฟิสิคัลเลเยอร์ โดย IEEE ได้แบ่งดาต้าลิงค์เลเยอร์ออกเป็นเลเยอร์ย่อย ๆ ที่ประกอบด้วย Logical-Link Control (LLC) และ Media Access Control (MAC) หน้าที่ของ LLC ก็คือ การก่อให้เกิดการสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ในเน็ตเวอร์ก อันจะรวมถึงการตีความสิ่งที่เป็นข้อมูลหรือข้อความที่อยู่ในรูปของชุดของเมสเสจ (message packets) ที่เข้ามาในเน็ตเวอร์ก และมีชื่อเรียกว่า Protocol Data Units (หรือ PDUs) เสร็จแล้วก็จะส่งสัญญาณตอบกลับไปพร้อมทั้งบอกด้วยว่าสิ่งที่รับเข้ามาในเน็ตเวอร์กที่เป็น PDUs นั้นถูกต้องหรือไม่ ต่อไปก็จะเป็นซับเลเยอร์ที่เรียกว่า MAC ซึ่งอยู่ระหว่าง LLC กับฟิสิคัลเลเยอร์ โดยจะเป็นผู้ดูแลการแอ็กเซสที่จะเข้าไปยังฟิสิคัลเน็ตเวอร์กพอร์ต รวมทั้งการทำหน้าที่ในด้าน framing กับ deframing ตลอดจนการหาที่ผิดในชุด



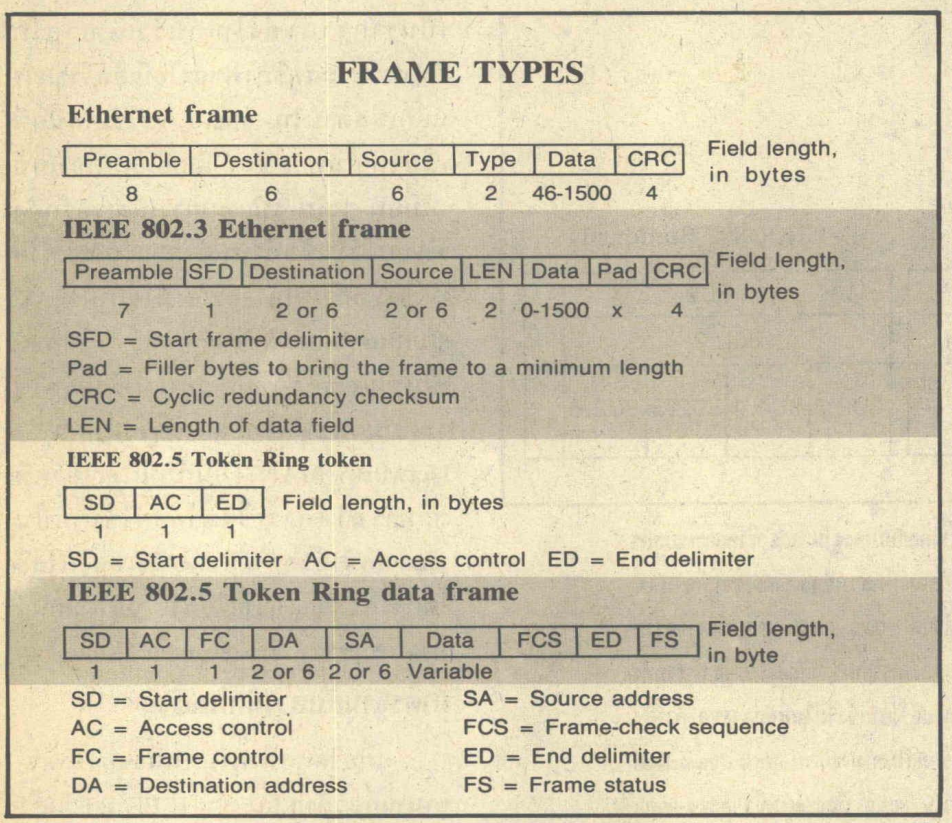
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ISO/OSI โมเดลกับมาตรฐาน 802 ซึ่งคณะกรรมการ IEEE 802 ได้แบ่งชั้นที่เป็นดาต้าลิงค์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ สองส่วนคือ LLC เลเยอร์กับ MAC เลเยอร์ มาตรฐานตั้งแต่ 802.3-802.6 จะกำหนดกิจกรรมในระดับต่ำสุด (เช่น ฟิสิคัลคอนเน็กชัน, วิธีการในการส่งสัญญาณ ฯลฯ) รวมทั้งกำหนดการประสานงานในแง่ของการแอ็กเซสเข้าไปในสื่อกลางของการส่งสัญญาณที่เรียกว่า ตัวกลางในการส่งรับข้อมูลในทางกายภาพ (physical transmission medium) ส่วนอินเตอร์เฟสที่ได้กำหนดไว้ใน 802.2 นั้นจะอยู่เหนือ 802.3-802.6 ท้ายสุดก็จะเป็น 802.1 ที่จะกำหนดว่ามาตรฐาน 802.X ต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

ของข้อมูลที่ได้รับเข้ามา ดังนั้น พอที่จะสรุปได้ว่า 802.2 ก็คือมาตรฐานที่กำหนดหน้าที่ของ LLC ซับเลเยอร์ โดยจะมีมาตรฐานตั้งแต่ 802.3 หรือ 802.6 ซึ่งกำหนดหน้าที่ของ MAC และฟิสิคัลเลเยอร์ ดังนี้

อินเตอร์เฟสที่มีหน้าที่ในการทำให้เข้ากันได้ (compatible interface) ในส่วนของการอินเตอร์เฟสในมาตรฐาน 802.2 ซึ่งจะทำให้การเชื่อมต่อของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ทำงานด้วยกันได้นั้น จะมีบริการหลัก ๆ อยู่สองประการคือ (1) การให้บริการในแบบที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้เน็ตเวอร์กสามารถรับ-ส่งข่าวสาร โดยไม่ต้องรอรับการยืนยันในแง่ของการเชื่อมโยงจากต้นทางและปลายทาง และ (2) ให้บริการในด้านการเชื่อมโยงโดยกำหนดโปรโตคอลสำหรับการเริ่มต้น การใช้ และการสิ้นสุดการเชื่อมโยงในระหว่างผู้ใช้เน็ตเวอร์กรายต่าง ๆ ทางด้านผลิตภัณฑ์ของอินเตอร์เฟสที่กล่าวถึงก็มีอาทิ เช่น ไอบีเอ็มที่ใช้อินเตอร์เฟส 802.2 ในโทเก้นริงและพีซีเน็ตเวอร์ก ต่อไปก็เป็นข้อกำหนด 802.3 ที่ระบุรายละเอียดสำหรับ CSMA/CD โปรโตคอล อันเป็นรากฐานสำหรับอีเธอร์เนตของซีรีอกซ์และพีซีเน็ตเวอร์กของไอบีเอ็ม (เบสแบนด์ และบอร์ดแบนด์) ส่วนข้อกำหนด 802.4 ก็จะเป็นรายละเอียดในเรื่องของวิธีการในด้านโทเก้นพาสซิง บัสแอ็กเซส จากนี้ก็เป็น 802.5 อันเป็นวิธีการสำหรับเรื่องที่เกี่ยวกับโทเก้นริงแอ็กเซส และเป็นรากฐานของโทเก้นริงเน็ตเวอร์ก อันทรงประสิทธิภาพของไอบีเอ็ม วิธีการแอ็กเซสตามใน 802.5 จะใช้เทคนิคที่เป็นโทเก้นพาสซิง โดยยึดแบบฉบับที่เหมือน ๆ กับ รูปแบบการเน็ตเวอร์กกิ้งที่ระบุไว้ในข้อกำหนด 802.4 สุดท้ายก็เป็นข้อกำหนด 802.6 ที่ใช้กับ MAC ซับเลเยอร์และฟิสิคัลเลเยอร์ ซึ่งก็จะเป็นรายละเอียดที่เกี่ยวกับเน็ตเวอร์กในระดับมวลชนหรือ Metropolitan Area Network (MAN) อันเป็นเน็ตเวอร์กที่สามารถให้การเชื่อมโยงผู้ใช้นับเป็นพันรายเข้าด้วยกัน โดยใช้เทคโนโลยีในการส่งสัญญาณที่เรียกว่า บอร์ดแบนด์ทรานสมิชชัน (broadband transmission)

มาตรฐานกับความเป็นจริง

เมื่อได้พูดถึงแง่มุมหนึ่งของมาตรฐานที่เกี่ยวกับแลน เช่น IEEE 802 แล้ว ก็จะขอนำข้อเท็จจริงบางประการที่เกิดขึ้นมากล่าวเป็นการเพิ่มเติมอีกนิดว่า ในโลกของการค้าและการแข่งขันนั้น มาตรฐานอย่างเป็นทางการที่กำหนดไว้ (เช่นของ IEEE) นั้นก็เป็นเรื่องหนึ่ง ส่วนในเวลานำไปปฏิบัติจริง ๆ ก็อีกเรื่องหนึ่ง ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 ซึ่งได้แจกแจงข้อแตกต่างระหว่างข้อกำหนดของ IEEE กับความจริงในทางปฏิบัติสำหรับอีเธอร์เนตเฟรมกับโทเก้นริง คือในกรณีของอีเธอร์เนตนั้นข้อกำหนด IEEE 802.3 ได้ระบุรายละเอียดภายในเฟรมไว้อย่างหนึ่ง แต่อีเธอร์เนตจริง ๆ (บนสุดของรูปที่ 3) หรือ True Ethernet ที่ถือว่าเป็นนิยามที่เป็นของดั้งเดิมแรกเริ่มจากซีรีอกซ์และ DEC จะเป็นอีกอย่างหนึ่ง ความแตกต่างเช่นนี้จะมีทั้งที่เป็นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเฟรมกับดาต้าเรคอร์ด รวมถึงข้อแตกต่างในเรื่องของ Pad field ส่วนในกรณีของโทเก้นริงนั้นยิ่งแปลกออกไปอีกคือ จะมี



รูปที่ 3 แสดงข้อแตกต่างระหว่างเฟรมแบบต่าง ๆ

ทั้งนิยามของเฟรมสำหรับโทเก้น และอีกนิยามสำหรับดาต้าเฟรม ท้ายสุดของเรื่องนี้ก็จะเป็นว่า ข้อแตกต่างอย่างใหญ่ ๆ ระหว่างอีเธอร์เนตและโทเก้นริงเฟรม (รูปที่ 3) จะส่งผลให้อะแดปเตอร์การ์ดของอีเธอร์เนตไม่สามารถที่จะยอมรับ "เฟรม" ของโทเก้นริงได้ทั้งหมด ก็กล่าวสั้น ๆ ได้ว่า ในทางปฏิบัตินั้นแม้ในเลเยอร์ที่อยู่ในระดับต่ำ ๆ (ดังเช่นในรูปที่ 2) ของ OSI โมเดล ก็เริ่มมีปัญหาบ้างแล้วเพราะข้อกำหนดขัดกันเอง อย่างไรก็ตาม ถ้าจะมองเฉพาะแค่ภายในมาตรฐานเช่นภายใน IEEE 802.3 Ethernet หรือ IEEE 802.5 Token Ring ก็จะเห็นว่าความเป็นอินทีรอปนั้นยังใช้ได้อยู่อย่างค่อนข้างสูง แต่ถ้าจะมองให้ครบทุกชั้นใน OSI โมเดล ก็จะเป็นว่าการแก้ปัญหาเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ทุกอย่างเป็นอินทีรอปให้หมดนั้น ยังจะต้องมีการฟันฝ่าอุปสรรคกันอีกนาน เพราะในขั้นที่สูงขึ้นไปจากชั้นเน็ตเวอร์ก (นั่นก็คือ ทรานสปอร์ต เซสชัน พรีเซนเตชัน และแอพพลิเคชัน) นั้นจะยังมีปัญหาในแง่ของการเข้ากันไม่ได้ในระหว่างผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตรายต่าง ๆ อยู่เต็มไปหมด จึงต้องพิเคราะห์ให้ดีก่อนจะซื้อผลิตภัณฑ์อะไรมาต่อเข้ากับระบบเดิม

มาตรฐาน FDDI

มาตรฐานส่วนใหญ่ในโลกของแลนมักจะมีอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลตั้งแต่ 1 ถึง 20 เมกะบิตต่อวินาที อันแสดงถึงขีดจำกัดในแง่ความเร็วในการส่งข่าวสารข้อมูล รวมทั้งประสิทธิภาพในเรื่องอื่น ๆ ที่ยังไม่สูงพอ จึงทำให้ต้องมีมาตรฐานอันใหม่ที่เรียกว่า Fiber Distributed Data Interface (FDDI) ที่ถือว่าเป็นมาตรฐานสำหรับ "แลน" ที่มีความเร็วสูง โดยมีองค์กรที่เรียกว่า ANSI เป็นเจ้าของเรื่อง ร่างอันเป็นมาตรฐานฉบับล่าสุด FDDI ได้ปรากฏออกมาเมื่อปี ค.ศ. 1986 โดยได้กำหนดให้เน็ตเวอร์กเช่นนี้สามารถให้การสนับสนุนการพ่วงโยงของคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 500 โหนด ที่ครอบคลุมอาณาบริเวณได้กว้างถึง 100 กิโลเมตร โดยจะใช้สื่อที่เป็นออปติคัลไฟเบอร์ (optical fiber) ที่จะทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ในอัตรา 125 ล้านบ๊อด (baud) หรือในปริมาณของข้อมูลที่เท่ากับ 100 เมกะบิตต่อวินาที โทโพโลยีของ FDDI จะเป็นแบบโทเก้น-พาสซิงริง อันจะเหมือน ๆ กับในข้อกำหนด IEEE 802.5 Token Ring แม้ว่ามาตรฐาน FDDI นี้ได้อาศัยประสบการณ์จากการพัฒนาข้อกำหนดมาตรฐานโทเก้นริงก็จริงอยู่ แต่วิธีการในการส่งสัญญาณตลอดจนโทเก้นพาสซิงโปรโตคอล จะแตกต่างจากของ IEEE ส่วนข้อเปรียบเทียบที่แสดงความแตกต่างของ FDDI กับโทเก้นริง และอีเธอร์เนตนั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 4

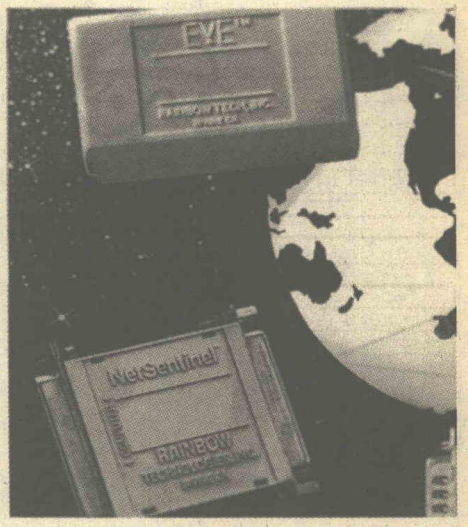
FDDI กับ OSI โมเดล

สิ่งแรกที่ถือว่าสำคัญมาก ๆ ในเรื่องของมาตรฐาน FDDI ก็คือ ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่รวมกันขึ้นมาเป็นมาตรฐานอันนี้ รวมทั้งความสัมพันธ์ของส่วนประกอบดังกล่าวกับ OSI โมเดล (ดังในรูปที่ 5) คือ

– มาตรฐานในด้านกายภาพของสื่อกลาง (Physical Medium Dependent (PMD)) จะกำหนดคุณสมบัติของสื่อที่เป็นไฟเบอร์-ออปติก รวมทั้งสิ่งอื่น ๆ เช่น

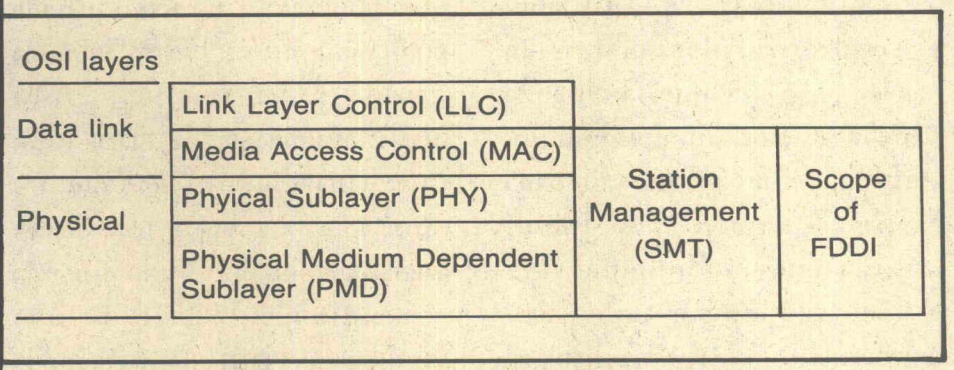
	FDDI	Token Ring	Ethernet
Medium	Fiber	Twisted-pair or fiber	Coaxial cable
Data rate	100 Mbps	4/16 Mbps	3/10 Mbps
Encoding efficiency	80%	50%	50%
Maximum station	2 km	300 m to medium-access unit	500-m separation
Maximum coverage	100 km	Varies with configuration	2.5 km
Maximum nodes	500	260	1024
Topology	Dual-ring	Single-ring	Bus
Access	Token passing	Token passing	CSMA/CD protocol

รูปที่ 4 เปรียบเทียบมาตรฐานที่เป็นแบบ Fiber Distributed Data Interface (FDDI) กับโทเก้นริงและอีเธอร์เนต



โทเก้นพาสซิง การก่อตั้งเฟรม (frame formation) เรื่องของการอ้างแอดเดรส การหาที่ผิดตลอดจนการแก้ไขที่ผิด จนถึงการจัดสรรแบนด์วิดธ์สำหรับโหนดต่าง ๆ

– มาตรฐานในด้านการจัดการและกำหนดสเตชัน (Station Management (SMT)) ซึ่งกำหนดรายละเอียดในเรื่องของการเพิ่มและลดจำนวนสเตชัน การจัดรูปแบบของริง (ring configuration) การเก็บกักข้อผิดพลาดเพื่อไม่ให้เกิดการแพร่กระจายไปไกล รวมทั้งบริการอื่น ๆ ในด้านการจัดการเน็ตเวอร์ก ในทางทฤษฎีนั้น SMT จะอยู่นอก OSI โมเดล แต่ในทางปฏิบัติ SMT จะทำหน้าที่เสมือนกาวที่คอยประสานให้ส่วนประกอบ (หรือเลเยอร์) อื่น ๆ ทำงานร่วมกันได้ บทบาทของ SMT จึงจัดได้ว่าสำคัญอย่างมาก ๆ เพราะจะส่งผลให้กับการทำงานของระบบ FDDI ได้โดยตรง ที่น่าสังเกตก็คือว่า ภายใน FDDI นี้ไม่ได้กำหนดสิ่งที่เป็นระดับการเชื่อมโยงโปรโตคอลไว้แต่อย่างใด อย่างไรก็ตามก็เป็นที่เข้าใจกันว่าระบบส่วนใหญ่อาจใช้โปรโตคอลในการควบคุมการเชื่อมโยงของเลเยอร์ตามแบบ IEEE 802.2 หรือที่อะไรก็ตามที่อยู่ในลักษณะเดียวกันนี้



รูปที่ 5 ส่วนประกอบอันเป็นข้อกำหนด ทั้ง 4 ส่วนของมาตรฐาน FDDI ซึ่งจะมี PMD, PHY, MAC และ SMT โดยที่ไม่ได้มีการกำหนด LLC โปรโตคอล แต่ก็คาดว่าจะใช้ของ IEEE 802.2

(1) คอนเน็กเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้เชื่อมโยง "สื่อ" เพื่อไปเข้าแต่ละสเตชัน

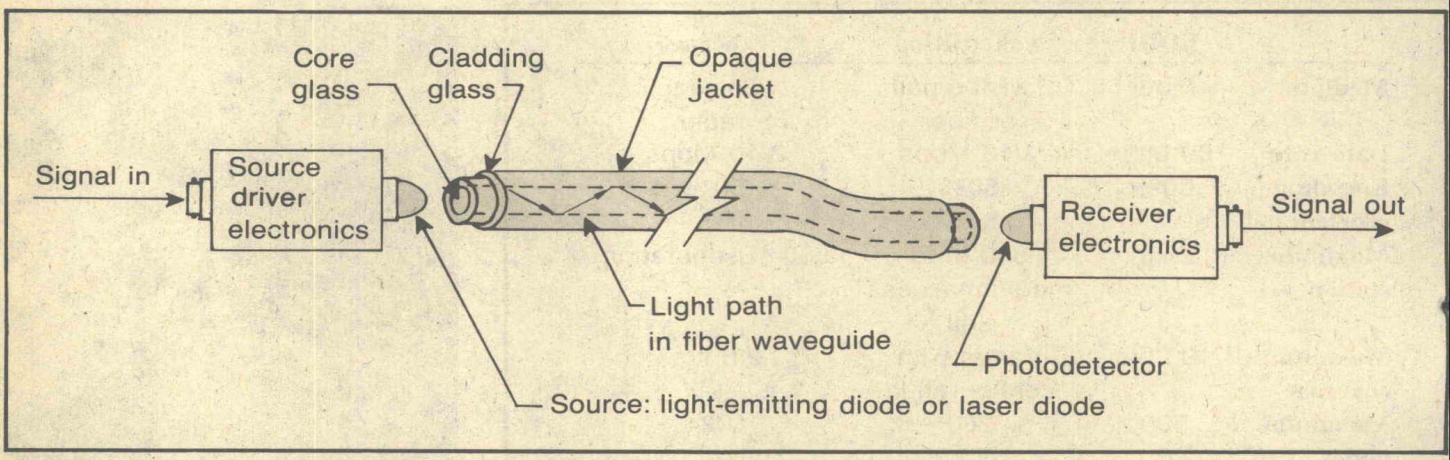
(2) ความยาวคลื่นที่ใช้ในการส่งสัญญาณ

(3) กำลังไฟฟ้าที่จะใช้ในเครื่องส่งสัญญาณ (transmitters)

(4) วิธีการที่จะข้ามผ่านโหนดที่ไม่ทำงานโดยอาศัยหลักของแสง

– มาตรฐานในด้านฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical (PHY)) ซึ่งกำหนดความเร็วนาฬิกาไว้เท่ากับ 125 เมกะเฮิรตซ์ รวมทั้งกำหนดวิธีการควบคุมความเป็นไปต่าง ๆ ด้วยนาฬิกา วิธีการในด้านการเข้ารหัสข้อมูล และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการควบคุม ที่ใช้ในเน็ตเวอร์ก

– มาตรฐานในด้านการควบคุมการแอ็กเซสสื่อกลาง (Media Access Control) ที่กำหนดรายละเอียดในด้าน



รูปที่ 6 รายละเอียดของออปติคัลไฟเบอร์คอมมิวนิเคชันลิงค์ขั้นพื้นฐาน

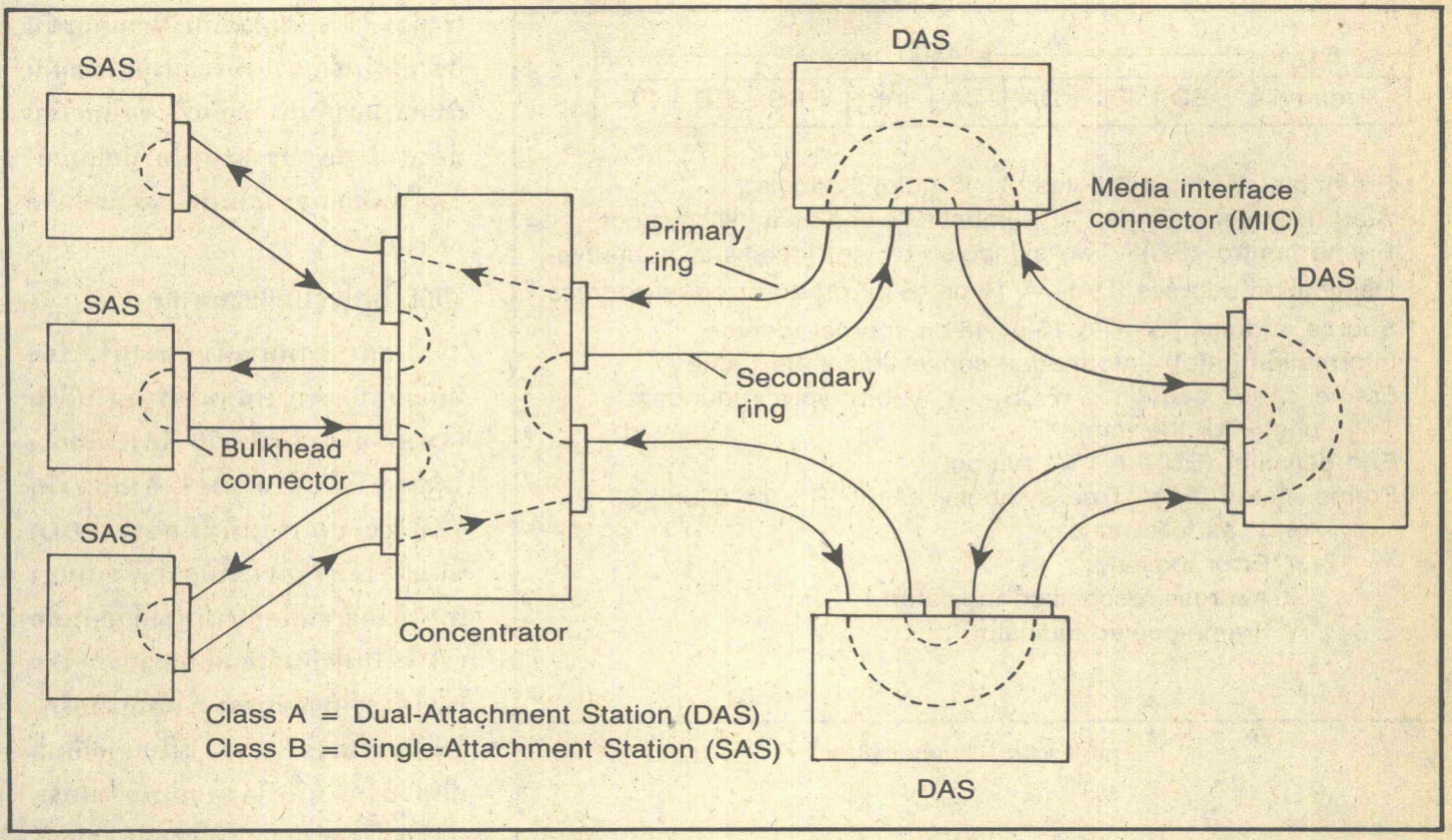
ฟิสิคัลเลเยอร์

ตามมาตรฐานของ PMD นั้น โหนดต่าง ๆ ใน FDDI จะส่งสัญญาณในรูปของแสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 1300 นาโนเมตร (nanometer หรือหนึ่งส่วนพันล้านเมตร) และจะใช้ไฟเบอร์ที่เป็นแบบมัลติโหนด โดยจะมีแกน (core) ที่มีความหนาเท่ากับ 62.5 หรือ 85 ไมครอน และมีส่วนนอกที่เป็นฉนวนห่อหุ้ม (ดูรูปที่ 6) ที่มีความหนา 125 ไมครอน ซึ่งเมื่อระบบเช่นนี้ได้รับการประกอบและติดตั้งอย่างถูกต้องตามหลักวิชา ก็จะทำให้ได้ FDDI ไฟเบอร์-ลิงค์ที่มีโอกาสที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งข้อมูลเพียง 1 บิตต่อหนึ่งพันล้านบิต คือจะมีโอกาสผิด (bit error rate) เพียงหนึ่งในพันล้านเท่านั้น ภายใน FDDI โหนดจะมีออปติคัลบายพาสสวิตช์ (optical bypass switch) ที่จะยอมให้แสงวิ่งผ่านโหนดที่ไม่ทำงานได้ถึงสามโหนดติดต่อกัน โดยไม่มีปัญหาแต่อย่างใด นอกจากนี้ภายใน FDDI ก็ยังมีสิ่งที่เรียกว่า ลูปสำรอง (redundant loops) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นทางเบี่ยงให้ข้อมูลวิ่งข้ามผ่านโหนดที่ไม่ทำงานได้เมื่อเกิดความจำเป็น แต่โดยทั่วไปแล้วบายพาส-สวิตช์จะเข้ามารับหน้าที่นี้แทนเพราะสะดวกกว่าการอาศัยลูป

คอนเน็กเตอร์ของ FDDI ที่เป็นมาตรฐานจะอยู่ในรูปของดูเพล็กซ์พลั๊ก (duplex plug) ที่มีไฟเบอร์โผล่ออกมาทั้งสองด้าน แต่ละโหนดอาจมีคอนเน็ก-เตอร์ชนิดนี้ได้ถึงสองตัว และถ้ามีสองตัวก็จะเรียกว่า คลาส A โหนด ไฟเบอร์เส้นหนึ่งในแต่ละคอนเน็กเตอร์จะใช้สำหรับการปฏิบัติหน้าที่ตามปกติ ส่วนอีกเส้นจะใช้เป็นตัวสำรองที่จะทำหน้าที่เบี่ยงสัญญาณกราฟิกให้ข้ามผ่านโหนดที่ใช้การไม่ได้ ดังในรูปที่ 7 นอกจากนี้ก็ยังมีข้อกำหนดในเรื่องของริงที่เป็นตัวสำรองที่จะวิ่งในทางตรงข้ามกับเมนริง โดยจะทำหน้าที่ใหญ่ ๆ อยู่สองอย่างคือ ปรับรูปแบบของริงให้เข้ากับสถานะการใช้งานและเบี่ยงสัญญาณกราฟิกให้ข้ามผ่านบริเวณที่เกิดข้อบกพร่อง ฯลฯ

MAC เลเยอร์

ชั้นที่เป็น MAC ของ FDDI จะมีข้อกำหนดมาตรฐานที่เหมือน ๆ กับของ IEEE 802.5 Token Ring โดยจะมีเฟรมฟอร์แมตและรูปแบบของโทเก้นดังแสดงไว้ในรูปที่ 8 และ 9 ตามลำดับ วิธีการทำงานของ FDDI นั้นจะจัดการกับข้อมูลคราวละ 4 บิต พร้อมกันไปเลย อันเป็นเทคนิคที่จะช่วยให้การเปลี่ยนแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งหรือหลาย ๆ ส่วนในเฟรมง่ายเข้า ที่สำคัญก็คือ FDDI โหนดนั้นจะสามารถมีเส้นทางส่งข้อมูลแบบเส้นทางเดียว (a single half duplex data path) โดยไม่จำเป็นต้องมีมากถึงสองเส้นทางเหมือนโทเก้นริงโหนด นอกจากนี้ภายใน FDDI ยังมีสิ่งที่เรียกว่า Early Token Release (ETR) อันหมายถึงว่า สเตชันที่มีหน้าที่ส่งสัญญาณจะสามารถส่งโทเก้นออกไปได้ก่อนที่ข้อมูลที่ส่งออกไปจากที่เดียวกันนี้จะวิ่งไปจนรอบวงแหวน (ริง) แล้วกลับมาที่เดิม ซึ่งทำให้เกิดประสิทธิภาพความเร็วที่สูงมาก ๆ โดยเฉพาะในวงแหวนที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ ส่วนเฟรมของ FDDI นั้นได้มีการกำหนดขนาดของข้อมูลไว้ให้คงที่โดยต้องไม่เกิน 4,500 ไบต์ อันเป็นตัวเลขของขีดจำกัดบน เพื่อป้องกันไม่ให้สเตชันใดสเตชันหนึ่งผูกขาดเน็ตเวอร์กด้วยการส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เกินไป



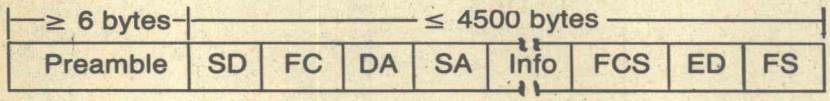
รูปที่ 7 FDDI เน็ตเวอร์กมักประกอบด้วยโหนดที่เป็นคลาส A หรือคลาส B หรือผสมกันทั้งสองแบบ คลาส B โหนดจะต่อเข้ากับเน็ตเวอร์กโดยผ่านวายริงคอนเซ็นเตรเตอร์ (wiring concentrator) ส่วนคลาส A โหนดก็สามารถที่จะต่อเข้ากับเมนริง (main ring) พร้อมทั้งมีกลไกที่จะส่งกราฟิกให้เบี่ยงออกไปจากบริเวณที่เกิดฟอลต์ (faults) คลาส B โหนดนั้นจะต่อโดยตรงกับวงแหวนปฐมภูมิ (primary ring) และเมื่อมีฟอลต์บางอย่างเกิดขึ้นก็อาจทำงานต่อไปไม่ได้

เวลาของโทเก้นโปรโตคอล

หลักการทำงานของ FDDI จะเป็นการแบ่งแบนด์วิดธ์ ของวงแหวนออกเป็นสองแบบคือ ซินโครนัสแบนด์วิดธ์กับอะซินโครนัสแบนด์วิดธ์ แบบแรกจะใช้ในการสื่อสารที่มีความสม่ำเสมอในรูปที่มีค่อนข้างตายตัว ส่วนแบบหลังที่เป็นอะซินโครนัสนั้นจะเป็นแบนด์วิดธ์ที่กันไว้สำหรับการสื่อสารแบบอื่น โดยที่การจัดสรรนี้จะกระทำด้วยการจำกัดเวลาสำหรับแต่ละสเตชันในขณะที่มีการเก็บโทเก้นเอาไว้ ตลอดจนการพยายามที่จะทำให้โทเก้นวิ่งกลับมาที่แต่ละสเตชันภายในเวลาอันหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า the Target Token Rotation Time (TTRT) คือในขณะที่วงแหวนเริ่มทำงานนั้น แต่ละโหนดก็จะส่งข้อต้องการที่เกี่ยวกับซินโครนัสแบนด์วิดธ์ออกไป ด้วยการกำหนด TTRT ขั้นต่ำที่ต้องการสำหรับการส่งสัญญาณแบบซินโครนัส โดยโหนดที่ใช้เวลา TTRT น้อยที่สุดจะเป็นผู้ชนะ ซึ่งจากจุดนี้ก็จะเป็นการแบ่งเวลาให้กับโหนดต่าง ๆ เพื่อว่า

- แต่ละโหนดจะได้รู้ว่าจะสามารถเก็บโทเก้นไว้ได้นานเท่าใดก่อนที่จะต้องส่งต่อไปให้โหนดอื่น ๆ
- เวลาทั้งหมดที่จะสามารถเก็บโทเก้นไว้ได้นานที่สุดตามในข้อแรกนี้จะต้องไม่มากกว่า TTRT และ
- เวลาที่โทเก้นจะวิ่งกลับไปยังโหนดใดโหนดหนึ่งในวงแหวน จะต้องไม่นานเกินกว่าสองเท่าของ TTRT

ด้วยวิธีการที่ได้กล่าวในข้างต้นก็จะทำให้แต่ละโหนดสามารถส่งข้อมูลที่เป็นซินโครนัสได้ในระยะเวลาอันหนึ่งในขณะที่ได้รับโทเก้น และถ้ายังมีเวลา



Preamble—At least 6 bytes of "I" (idle) symbols
Start delimiter (SD)—A "J" symbol followed by a "K" symbol
Frame control (FC)—Two symbols (1 byte) idenifying frame type
Destination address (DA)—A 16-or 48-bit group or node address
Source address (SA)—A 16-or 48-bit source address
Information (Info)—Information conveyed by the frame
Frame check sequence (FCS)—A 32-bit cyclic redundancy check for the frame
End delimiter (ED)—A "T" symbol
Frame status (FS)—Tree symbols, each "R" for 0 or "S" for 1, as follows:
* Error indicator
* Address-recognized indicator
* Frame-copied indicator

รูปที่ 8 แสดง FDDI เฟรมฟอร์แมต

Start delimiter (SD)—A "J" symbol followed by a "K" symbol
Frame control (FC)—Identifies "restricted" tokens
End delimiter (ED)—A "T" symbol

รูปที่ 9 แสดง FDDI โทเก้นฟอร์แมต

	PMD	PHY	MAC	SMT
X3T9.5 (FDDI)	Approved	Approved	Approved	In committee
ANSI	Second public review	Published	Published	Not forwarded
ISO	Letter ballot	Approved	Approved	Not forwarded

รูปที่ 10 สถานภาพในการดำเนินงานในด้าน FDDI เมื่อปี ค.ศ. 1989

พอที่จะเก็บโทเก้นได้นานต่อไปอีกนิด โดยไม่เกินกว่า TTRT ละก็โหนดนั้น ๆ ก็จะสามารถส่งข้อมูลที่เป็นอะซินโครนัส กราฟิกออกไปได้ การส่งข้อมูลแบบซินโครนัสทั้งหมดจะถือเป็นความเร่งด่วนเป็นอันดับแรกใน FDDI ส่วนการส่งข้อมูลแบบอะซินโครนัสที่ใช้แบนด์วิดธ์ในส่วนที่เหลือนั้น จะถูกจัดลำดับความเร่งด่วนไว้ 8 ขั้นด้วยกัน โดยแต่ละขั้นก็จะสัมพันธ์กับเวลาที่จะแปรอย่างผกผันกับความลำดับสำคัญอีกที ซึ่งโดยวิธีนี้ก็จะสามารถจัดสรรอะซินโครนัสแบนด์วิดธ์ให้กับแต่ละระดับหรือแต่ละขั้นได้อย่างยุติธรรม

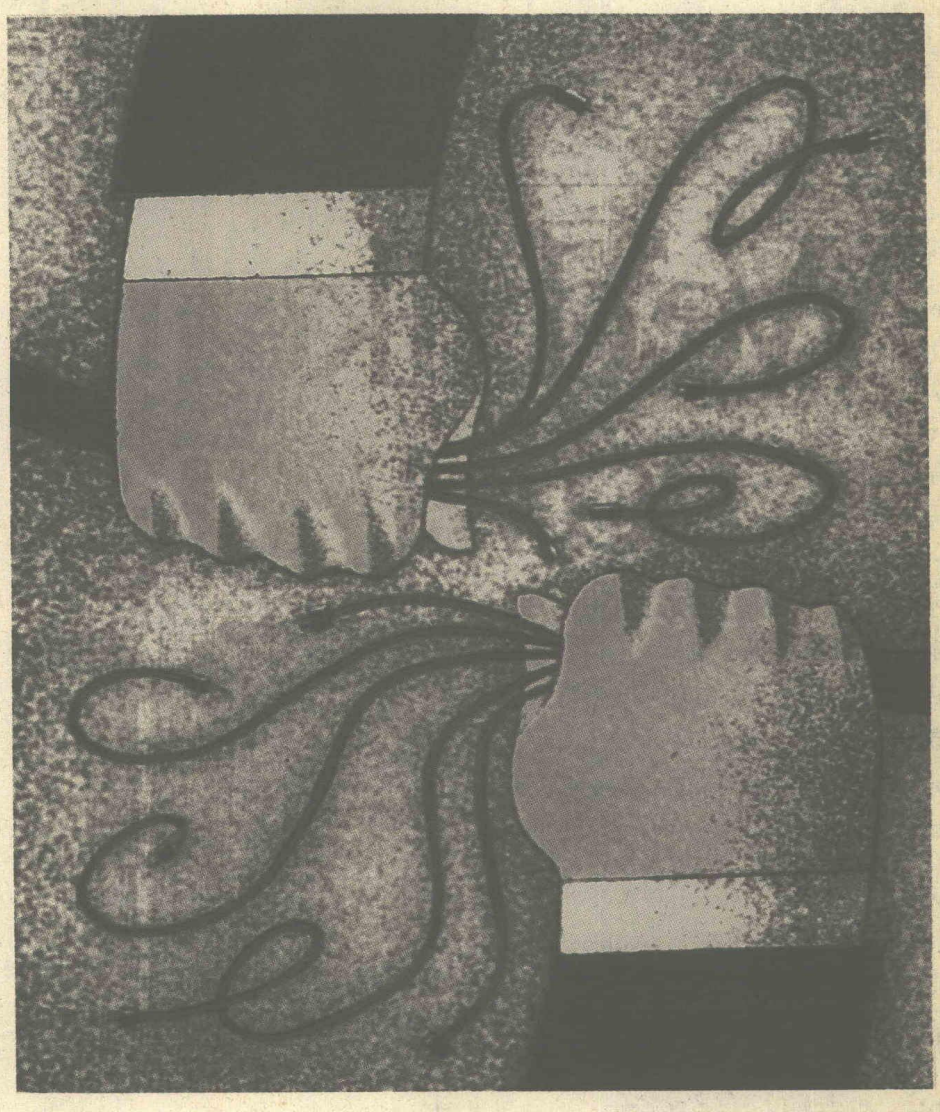
FDDI ในปัจจุบันและอนาคต

สถานภาพการดำเนินงานในเรื่องที่เกี่ยวกับการกำหนดมาตรฐานในด้าน FDDI ยังคงต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่ง โดยเฉพาะในด้าน SMT ดังแสดงในรูปที่ 10 นอกจากนี้ผู้ที่สร้าง FDDI ขึ้นมาก็ได้หวังที่จะเห็นการใช้งานของเทคโนโลยีเช่นนี้อยู่สามทางด้วยกันคือ (1) ใช้ในฟรอนด์เอ็นด์เน็ตเวอร์ก โดยใช้โยงเวอร์กสเตชันต่าง ๆ เข้ากับเวอร์ก-ไฟล์เซอร์ฟเวอร์ (2) ใช้ในแบคเอ็นด์เน็ตเวอร์ก เพื่อโยงพวกเพอริเฟอรัลเข้ากับเครื่องคำนวณในห้องคอมพิวเตอร์ และ (3) ใช้เป็นแบคโบน เพื่อโยงคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่กระจายอยู่ในบริเวณอันกว้าง (เช่น ระดับแคมปัสของมหาวิทยาลัย) เข้าด้วยกัน ทั้งหมดนี้ก็เป็นเรื่องราวของข้อกำหนดมาตรฐานที่สำคัญ ๆ ในโลกของเน็ตเวอร์ก (เช่น แลน) ซึ่งในขั้นต่อไปก็จะพูดถึงแวน (WAN) หรือเน็ตเวอร์กของคอมพิวเตอร์ในบริเวณกว้างพอเป็นสังเขป

เน็ตเวอร์กในบริเวณกว้าง (WAN หรือ Wide-Area Network)

การพัฒนาคอมพิวเตอร์เน็ตเวอร์กในยุคแรก ๆ สำหรับที่เป็นบริเวณกว้าง เช่น แวน (WAN) นี้ได้มีการแบ่งประเภทออกเป็นสองแบบใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ แบบรวมศูนย์ (centralized) กับแบบ

กระจาย (distributed) โดยที่แบบแรกจะประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ เช่น พวกเมนเฟรม ซึ่งจะทำหน้าที่ให้บริการแก่เทอร์มินัลต่าง ๆ ที่อยู่ไกลออกไป โดยผู้ที่ทำหน้าที่เป็นผู้จัดการเน็ตเวอร์กจะต้องดูแลรับผิดชอบการจัดหา เช่นในเรื่องของเครือข่ายการสื่อสารโทรคมนาคม เพื่อที่จะมาโยงเทอร์มินัลที่กระจายอยู่ในที่ต่าง ๆ ให้เข้ากับเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ที่ตั้งอยู่ที่สำนักงานใหญ่ ส่วนรูปแบบ (topology) ของการพ่วงโยงนี้อาจมีลักษณะของเครือข่ายที่เป็นแบบรูปดาว (star) หรือแบบที่แตกกิ่งก้านเป็นแฉก ๆ เหมือนต้นไม้ (tree) เน็ตเวอร์กแบบนี้จึงมักประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่หนึ่งเครื่อง (เช่นเมนเฟรม) กับ ดัมพ์เทอร์มินัล (ที่ทำการประมวลผลไม่ได้) เป็นจำนวนมากมาย โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารสำหรับกรณีนี้จึงค่อนข้างตรงไปตรงมา ในลักษณะที่ว่าในขณะทำงานนั้นคอมพิวเตอร์เครื่องใหญ่ก็จะถามไปยังดัมพ์เทอร์มินัลต่าง ๆ เพื่อที่จะรู้ว่า มีอะไรที่จะส่งมาบ้างแล้วก็จะเข้าไปควบคุมการส่งข้อมูล เพื่อไม่ให้เกิดการชนกัน



ต่อมาเมื่อการใช้คอมพิวเตอร์เครื่องใหญ่ได้มีจำนวนมากขึ้นในรูปของการกระจายไปอยู่ในที่ต่าง ๆ ของรัฐวิสาหกิจหรือบริษัท ก็ทำให้เกิดมีความต้องการใช้งานเน็ตเวอร์กในรูปแบบที่มีความละเอียดซับซ้อนมากขึ้น จนเป็นที่มาของเน็ตเวอร์กแบบกระจาย (distributed network) อันเป็นสภาพแวดล้อมที่จะเปิดโอกาสให้คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำงานอย่างเป็นอิสระสามารถที่จะเข้ามามีส่วนในการควบคุมสถาปัตยกรรมในด้านการสื่อสาร (Communication architecture) โดยมีสิทธิ์เท่า ๆ กัน แวนอันแรก ๆ ที่เป็นแบบกระจายก็คือ ARPANET ซึ่งพัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา และได้เป็นจุดกำเนิดของเทคโนโลยีที่เรียกว่า แพคเก็ตสวิตชิ่ง (packet switching) สำหรับในด้านของข้อกำหนดมาตรฐานนั้นก็ได้มีบริษัทในภาคอุตสาหกรรมด้านการสื่อสารที่เป็นผู้พัฒนาสถาปัตยกรรมเลเยอร์ (layered architecture) ขึ้นมา เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในด้านเน็ตเวอร์กสำหรับไว้กำหนดการทำงานของบรรดาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อให้เป็นไปอย่างสอดคล้องและเข้ากันได้ โดยที่คำว่า "มาตรฐาน" สำหรับในที่นี้จะหมายถึง เอกสารกลุ่มหนึ่งที่ใช้สำหรับกำหนดโปรโตคอลต่าง ๆ อันเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นในทศวรรษ 1970 โดยบริษัท ARPA, IBM, DEC และบริษัทอื่น ๆ แล้วกลายมาเป็นมาตรฐานสากลภายใต้การรับผิดชอบของ ISO และได้ปรากฏออกมาเป็น ISO/OSI โมเดล ดังได้อธิบายไว้แล้วในตอนต้น โดยโมเดลนี้จะเปิดโอกาสให้คอมพิวเตอร์ยี่ห้อต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงกันได้และติดต่อสื่อสารกันรู้เรื่อง อันนี้เองที่เป็นต้นกำเนิดของ

ดาต้าเน็ตเวอร์กกิง (data networking) ซึ่งก็จะมี OSI โมเดลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยในแต่ละเลเยอร์ของโมเดลนี้จะสัมพันธ์กับการทำงานของสถาปัตยกรรมการสื่อสารข้อมูลเป็นส่วน ๆ นับตั้งแต่ชั้นต่ำสุดจนถึงบนสุดดังนี้

ฟิสิคัลเลเยอร์ของสถาปัตยกรรมการสื่อสารข้อมูลจะนำนับรวมตั้งแต่การเชื่อมโยงในระบบโทรคมนาคมแบบจุดต่อจุด (poin-to-point link) ในลักษณะของการสื่อสารที่เป็นเสียง (voice grade) รวมทั้งการบริการข้อมูลดิจิตอล (Digital Data Service หรือ DDS) กับ T1 และ T3 การเชื่อมโยงทำนองนี้ยังรวมถึงการติดต่อสื่อสารด้วยดาวเทียม ไมโครเวฟที่เชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด และอินฟราเรดลิงค์ ฯลฯ ซึ่งก่อนที่จะพูดถึงเลเยอร์ต่อ ๆ ไปของ OSI โมเดล ก็จะอธิบายความหมายของคำบางคำในด้านสื่อสารโทรคมนาคมดังนี้

– อันแรกก็คือคำว่า voice grade line ซึ่งหมายถึงการสื่อสารเชื่อมโยงในรูปแบบอะนาล็อก (analog communications link) ที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับให้มีหน้าที่รับกราฟิกที่เป็นเสียง โดยอาจใช้การเชื่อมต่อนี้ส่งข้อมูลได้ด้วยการใช้โมเด็ม

– Digital Data Service (DDS) เป็นสายแบบให้เช่าในรูปของ leased lines ที่จะสามารถส่งข้อมูลดิจิตอลได้ตั้งแต่ 2,400 ถึง 56,000 บิตต่อวินาที และ

– T1, T3 ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของบริการในด้านสื่อสารโทรคมนาคมที่เป็นดิจิตอลไลน์ โดยสำหรับ T1 นั้นจะส่งข้อมูลได้เร็ว 1.544 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งจะมีอยู่ 24 ช่องเสียง ส่วน T3 จะส่งข้อมูลได้เร็ว 44 เมกะบิตต่อวินาที โดยภายในไลน์ที่เป็น T3 นี้จะมีไลน์แบบ T1 อยู่เป็นจำนวน 28 ไลน์หรืออาจมีแค่เพียงหนึ่งดาต้าลิงค์ที่มีความเร็วสูง (44 Mbps)

สำหรับเลเยอร์อื่น ๆ ของ OSI โมเดล (รูปที่ 1) ในส่วนที่เกี่ยวกับแวนนั้น จะมีลักษณะเป็นดาต้าลิงค์เลเยอร์โปรโตคอลซึ่งจะมีส่วนที่เรียกว่า High Level Data Link Control (HDLC) ทำหน้าที่ในการตรวจสอบที่ผิด รวมทั้งการควบคุมการไหลของข้อมูล ตลอดจนการส่งชุดของข้อความใหม่อีกครั้งในกรณีที่จำเป็น อันเป็นการส่งข้อมูลในแง่ของดาต้าลิงค์ที่เป็นจุดต่อจุด สำหรับในกรณีของแวนนั้น ส่วน LLC เลเยอร์ตามในรูปที่ 1 ก็จะทำหน้าที่ในด้านการควบคุมการเชื่อมโยงของข้อมูลที่อาศัยพื้นฐานจาก HDLC ส่วน MAC เลเยอร์นั้นก็จะรับผิดชอบในด้านการใช้สื่อแบบต่าง ๆ ร่วมกันเช่น โคแอกเชียลเคเบิ้ล, ไฟเบอร์ออปติก, แพคเก็ตเรดิโอ หรือการสื่อสารด้วยดาวเทียม

สูงขึ้นไปจากดาต้าลิงค์เลเยอร์ก็จะเป็นส่วนเน็ตเวอร์กกับทรานสปอร์ตเลเยอร์ อันจะมี TCP/IP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่รู้จักกันดีที่อยู่ในเลเยอร์นี้ โดย IP จะทำหน้าที่ในด้านของการส่ง, แยกและรวมชุดข้อความต่าง ๆ เข้าด้วย ตลอดจนดูแลในเรื่องของระบบการรักษาความปลอดภัยข้อมูลในระดับต่าง ๆ ของชุดข้อมูลที่เดินทางข้ามเน็ตเวอร์ก ส่วน TCP ก็จะทำหน้าที่ดูแลควบคุมในด้านความถูกต้องของข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทาง รวมทั้งในเรื่องของการไหลและลำดับของชุดข้อมูล ซึ่งถัดจากทรานสปอร์ตเลเยอร์ขึ้นไปใน OSI โมเดลก็จะเป็นเซสชัน, พรีเซนเตชัน และแอพพลิเคชันเลเยอร์ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเรื่องที่พูดในที่นี้

สรุป

การรุดหน้าของเน็ตเวอร์กเทคโนโลยี ตลอดจนการมีกิ่งก้านสาขาต่าง ๆ ที่นับแต่จะแผ่คลุมไปเกือบทุกเรื่องได้มีผลทำให้การใช้คอมพิวเตอร์ใหญ่น้อยในลักษณะที่ต้องพึ่งพากัน สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากการสามารถขยายต่อเติมจากจุดเริ่มต้นที่ไม่มีอะไรมาก ไปสู่การใช้งานที่กว้างขวางและซับซ้อนขึ้นด้วยการเพิ่มสิ่งที่ต้องการเข้าไปทีละน้อยหรือทีละหน่วยจนพอแก่ความต้องการสำหรับในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การลงทุนในเรื่องนี้เป็นไปอย่างประหยัดกว่าที่แล้ว ๆ มา เพราะผู้ใช้มีทางเลือกได้มากขึ้น